

내부 급기형 고펡창포말소화장치의 현황과 개발 동향

이경우⁺·김만응⁺⁺·김유탉⁺⁺⁺·이영호⁺⁺⁺⁺

The Status and Development Trends of Inside-Air Type High Expansion Foam System

Kyoung-Woo Lee⁺, Mann-Eung Kim⁺⁺, Yu-Taek Kim⁺⁺⁺ and Young-Ho Lee⁺⁺⁺⁺

Abstract : In this paper, the status and development trends of inside-air type high expansion foam system was introduced and the inside-air type high expansion foam system is the fixed high-expansion foam fire-extinguishing systems providing foam generators inside the protected space.

Key words : Inside-air type high expansion foam system(내부 급기형 고펡창 포말 소화장치), Foam concentrate(포말원액), Expansion Ratio(팽창비), Filling Rate(누적율)

1. 서 론

화재는 선박의 안전을 위협하는 가장 큰 위험요소 중에 하나이며, 선박에서 발생하는 화재의 약 2/3가 기관실에서 발생한다.^[1] 따라서 국제해사기구(IMO)의 SOLAS협약에서는 기관실에 고정식소화장치를 비록하여 다양한 형태의 소화설비를 갖추도록 요구하고 있으며, 각국 정부의 법령도 SOLAS와 동등 또는 그 이상의 요건을 정하고 있다.

기관실에 요구되는 소화설비는 고정식소화장치와 휴대식소화장치로 구분할 수 있으며, 고정식소화장치는 기관실 화재에 대한 최후의 수단이라 할 수 있다. SOLAS에서 요구하고 있는 기관실 고정식소화장치는 가스소화장치, 가압수분무소화장치 및 고펡창포말소화장치가 있으며, SOLAS에서 요구하고 있는 세 가지 고정식소화장치 중에서 경제성, 설계 및 시공의 편의성등을 고려하여 지금까지는 가스소화장치가 주로 사용되어져 왔다. 하지만, 몬트리올의정서로 인해 가장 폭넓게 사용되던 할론소화장치의 사용이 금지되고, 지구 온난화 문제로 인해 탄산가스 소화장치(CO2 System)의 사용을 규제하려는 움직임에 따라 80년대 중후반부터 대체소화장치에 대한 많은 검토가 이뤄졌다. 이러한 검토의 결과로 내부급기형 고펡창포말소화장치, 미분무수소화장치(Water Mist System), 에어로졸시스템(Aerosol System) 등이 제안되었다.

새롭게 제안된 고정식소화장치 중에서 에어로졸시스템은 아직 그 사용이 미미한 수준이고, 미분무수소화장치는 국부소화장치(Local Application System)로는 사용되고 있으나, 고정식소화장치로는 아직 사용되는 경우가 미미한 상황이다. 반면에 내부급기형 고펡창포말소화장치는 뛰어난 소화성능과 저렴한 비용으로 인해 최근에 그 사용이 증가하고 있는 추세이다.

내부급기형 고펡창포말소화장치에 대한 상세한 기술적인 사항은 참고문헌^[2]을 참고하도록 하고, 여기에서는 내부급기형 고펡창포말소화장치에 대한 일반적인 사항을 설명하고, 최근에 IMO에서 논의되고 있는 내부급기형

+ 이경우, (사)한국선급 창원지부 검사원, E-mail: kwolee@krs.co.kr, Tel: 055)262-3331

++ 김만응, (사)한국선급 의장업무팀장, E-mail: mekim@krs.co.kr, Tel: 042)869-9442

+++ 김유탉, 한국해양대학교 기관시스템공학부 교수, E-mail: ytkim@mail.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4258

++++ 이영호, 한국해양대학교 기계정보공학부 교수, E-mail: lyh@mail.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4293

고팽창포말소화장치 관련 요건에 개정 동향 및 개발 동향을 소개하고자 한다.

2. 고팽창포말소화장치의 소개

특정한 성질을 가지는 포말원액(Foam Concentrate)을 물과 혼합한 포말용액(Foam Solution)으로부터 포말(Foam)을 발생시켜 그 포말로 화재가 발생한 구역을 채워 화재를 진압하는 소화설비가 포말소화장치이다. 포말소화장치는 통상 저팽창, 중팽창, 고팽창 소화설비로 구분하는데, 포말원용액과 그로부터 생성된 포말의 부피비율이 20배 이하인 것을 저팽창, 20~200배 사이의 것을 중팽창, 200배~1000배 사이의 것을 고팽창으로 분류하고 있다. 동일한 양의

포말의 팽창비를 1000배 이하로 규제하고 있는 것은 포말소화설비의 안정적인 소화성능을 보장하기 위한 조치이다. 동일한 양의 포말원액으로부터 많은 포말을 생성하기 위해서는 팽창비를 높여야 하는데, 팽창비를 높인다는 것은 생성된 포말(구 형태)의 크기를 크게하는 것이고 이는 포말을 형성하는 막의 두께가 얇아지도록 하는 것이고 이는 포말이 파괴될 수 있는 가능성이 커지는 것이다. 포말이 파괴된다는 것은 소화성능이 저하될 가능성이 높아진다는 것을 의미하므로, SOLAS 및 NFPA Code에서는 포말의 팽창비를 1000배 이하로 규제하고 있다.

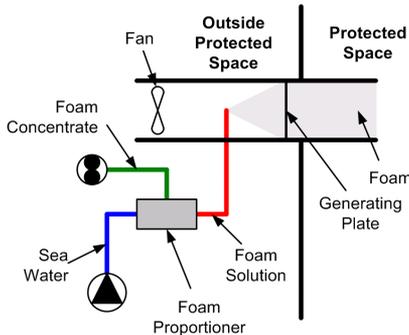


Fig. 1 Outside-Air Hi-Ex Foam System

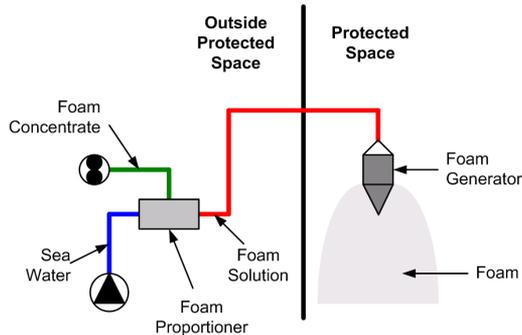


Fig. 2 Inside-Air Hi-Ex Foam System

Fig. 1과 Fig. 2는 외부급기형 포말소화장치와 내부급기형 포말소화장치의 차이점을 나타낸 것이다. Fig. 1 및 Fig. 2에서 알 수 있듯이, 외부급기형은 보호구역(Protected Space) 외부에서 포말을 생성하여 공급하는 형식이고, 내부급기형은 보호구역 내부에서 포말을 생성하는 형식이다. 외부급기형의 경우에는 송풍기를 통해 압축된 공기를 공급하여 포말을 생성하기 때문에 그 팽창비가 약 900배에 이르는 장점이 있지만, 별도의 송풍기를 설치해야하고, 포말을 이송할 수 있는 강제덕트(두께 5mm이상)를 설치해야하는 단점이 있었다. 하지만 내부급기형은 팽창비가 약 600배 정도로 낮지만, 포말발생기(Foam Generator)로 포말용액을 이송할 수 있는 배관만 설치하면 되므로 외부급기형 고팽창포말소화장치에 비용이 절감되며, 보호구역 외부의 공기가 보호구역 내부로 공급되지 않는다는 장점을 가지고 있기 때문에 최근에는 내부급기형 고팽창포말소화장치만이 기관실 고정식소화장치로 사용된다.

또한 일반적으로 선박의 총톤수(G/T) 기준으로 10,000톤 이상의 선박에서는 내부급기형 고팽창포말소화장치가 10,000톤 이하의 선박에서는 탄산가스소화설비가 더 저렴한 것으로 알려져 있으나, 최근에 원자재 가격의 상승으로 인해 10,000톤 이하의 선박에서도 내부급기형 고팽창포말소화장치의 채택이 증가할 것으로 예상되고 있다.

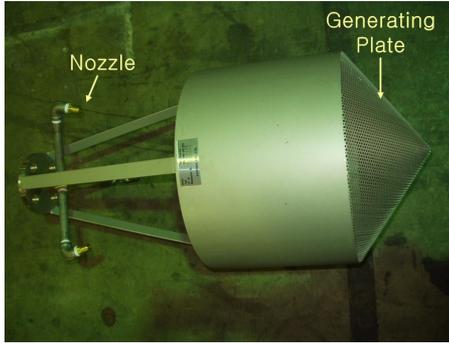


Fig. 3 Foam Generator



Fig. 4 Foam Generator with Foam

Fig. 3와 Fig. 4는 내부급기형 고펡창포말소화장치에서 사용되는 포말발생기(Foam Generator)와 포말발생기에서 포말을 생성하는 것을 나타낸 것이다.

3. 내부급기형 고펡창포말소화장치 관련 요건

여러 가지 상황에 의해 기관실에 내부급기형 고펡창포말소화장치를 적용하는 사례가 점점 증가되어 오고 있는 실정이지만, 현재 제정되어 있는 모든 요건이 외부급기형 고펡창포말소화장치에 관한 것이다. 고펡창포말소화장치에 적용되는 요건은 화재안전장치코드(FSS Code) 제6장과 고펡창포말소화장치용 포말원액의 승인기준인 MSC/Circ.670이 있다. 하지만, 이러한 요건은 모두 외부급기형 고펡창포말소화장치에 관한 것이어서 내부급기형 고펡창포말소화장치에 적용하기에는 무리가 있거나 비합리적인 부분이 상당부분 포함되어 있어, 실제 선박에 적용하기가 매우 어렵거나 다양한 해석이 존재해 많은 어려움이 있었다.

이러한 이유로 해서, 현재 세계 내부급기형 고펡창포말소화장치 시장의 대부분을 점유하고 있는 일본 기업들의 의견을 취합하여 일본정부는 2005년 1월에 개최된 국제해사기구(IMO)의 방화전문위원회(FP Sub-Committee)에 “보호구역 내부에 포말발생기가 설치되는 고펡창포말소화장치의 승인 기준 안”^[3]를 제출하였으며, 내부급기형 고펡창포말소화장치 관련 요건의 제정에 대한 검토를 진행하였던 우리나라에서는 일본이 제출한 문서에 대한 우리나라의 의견을 정리한 “FP/49/4/2에 대한 의견”^[4]를 제출하였다. 49차 방화전문위원회 회기 동안에 우리나라와 일본이 제출한 두 문서는 본격적으로 논의되지는 못했으나 우리나라와 일본 대표단이 협의하여 두 정부 간의 합의를 도출하였으며 이 합의안은 통신작업반의 논의를 통해 2006년에 개최되는 제50차 방화전문위원회에서 본격적으로 논의되어 채택될 것으로 예상된다. 여기서는 내부급기형 고펡창포말소화장치와 관련되어 논의되었거나 논의되고 있는 사항 중에 중요한 사항에 대해 소개한다.

3.1 내부급기형 고펡창포말소화장치의 신뢰성

내부급기형 고펡창포말소화장치는 소화제인 포말을 발생시키는 포말발생기가 기관실(보호구역) 내부에 배치되기 때문에 기관실 내부에서 폭발사고가 발생하여 포말발생기가 손상될 경우 소화성능에 영향을 미칠 수 있다는 의견이 대두되어 내부급기형 고펡창포말소화장치를 2개의 독립된 시스템으로 구성하고 하나의 시스템이 기관실의 화재를 진압할 수 있도록 설계하여야 한다는 의견이 제시되었다. 하지만, 이러한 요건은 매우 과도한 요건이고, 기관실내에서 폭발이 발생하여 포말발생기가 손상될 가능성은 거의 없다는 대부분 많은 정부 대표들의 의견에 의해 이중화에 대한 의견은 논의하지 않기로 잠정 합의하였다. 다만, 포말발생기가 알 수 없는 원인으로 인해 손상될 수 있는 가능성이 있으므로 이를 위하여 적절한 안전계수를 고려하여 추가의 포말발생기를 설치하는 것에

대해 대부분의 국가 대표들이 잠정적으로 합의하였으며, 상세한 사항에 대해서는 차후의 회의에서 논의하기로 하였다. 또한, 내부급기형 고펡창포말소화장치 제조자가 없는 국가들이 이중화 시스템에 대한 의견을 지속적으로 제시할 것으로 예상지만, 추가의 포말발생기를 설치하는 방향으로 합의가 이뤄질 것으로 예상된다.

3.2 누적을(Fill-Up Speed)

FSS Code 제6장 2.2.1.2에서는 기관실에 매분 1m 이상의 속도로 포말을 누적시킬 수 있도록 고펡창포말소화장치를 설치하도록 요구하고 있다. 하지만 이 요건은 외부급기형 고펡창포말소화장치에 대한 요건이지 내부급기형 고펡창포말소화장치에 대한 요건이 아니다. 내부급기형 고펡창포말소화장치는 외부급기형 고펡창포말소화장치의 대체소화장치이고, 대체소화장치의 소화성능은 적절한 성능시험에 의해 검증되어야 한다는 원칙에 따라, 잠정합의안에서는 잠정합의안에서 별도로 정하는 시험절차에 따라 시험되어 승인된 누적을 이상으로 기관실에 포말을 누적할 수 있도록 내부급기형 고펡창포말소화장치를 설치하도록 요구하고 있다.

3.3 화재시험기준

외부급기형 고펡창포말소화장치는 MSC/Circ.670의 기준에 따라 포말원액만을 승인 받아 사용할 수 있었고, MSC/Circ.670에서는 간단한 화재시험 만을 요구하고 있다. 하지만, 2.2항에서도 설명했듯이 대체소화장치의 소화성능은 적절한 성능시험에 의해 검증되어야 한다. 따라서 잠정합의안에서는 바닥면적 100m², 높이 5m의 시험공간(Class 1)과 체적 3000m³(최소 높이 10m)의 시험공간(Class 3)에서 Engine Mock-Up을 이용한 소화 성능 시험을 요구하고 있다. 우리나라는 FP49/4/4를 통해 고펡창포말소화장치와 같이 소화메커니즘이 간단한 소화설비에서 Class 1에 대한 소화 성능시험을 요구하는 것은 불필요한 요건이라고 주장하였으나, 대기 중에 연소생성물의 비율이 비교적 높은 좁은 공간에서 화재시험이 요구된다는 일본 등의 주장을 수용하여 Class 1 및 Class 3에 대한 소화 성능시험을 요구하는 것에 합의 하였다.

3.4 구성품 시험기준

FSS Code 제6장에서는 외부급기형 고펡창포말소화장치에 대해 포말을 이송하는 덕트에 대해 5mm이상의 두께를 가지도록 요구하고 있고, 덕트가 기관실의 격벽을 통과하는 부분에 대한 방화구조에 대해 요구하고 있다. 하지만, 내부급기형 고펡창포말소화장치는 포말발생기가 기관실 내부에 배치되기 때문에 온도, 습도의 변화 및 진동 등을 고려한 시험기준이 요구된다. 따라서 잠정기준안에서는 미분무수소화장치 노즐의 성능시험 기준인 MSC/Circ.668 Appendix 1을 준용하여 포말발생기의 본체와 포말발생기 노즐에 대한 성능시험 기준을 마련하였다.

3.5 펌프의 용량 및 펌프의 구동원

내부급기형 고펡창포말소화장치는 소화설비가 보호구역 외부에 배치되어야 한다는 고정식소화설비의 원칙에 따라 포말용액만이 기관실 내부에 배치되어 있는 포말발생기에 공급되도록 설계되어야 한다. 따라서 포말원액 탱크 및 펌프, 해수 펌프 그리고 혼합기(Proportioner)가 기관실 외부에 위치하게 된다. 특히 해수펌프의 경우에는 별도의 해수펌프를 사용하지 않고 비상소화펌프를 내부급기형 고펡창포말소화장치용 해수펌프로 사용한다. 하지만, 아직까지 비상소화펌프를 내부급기형 고펡창포말소화장치의 해수펌프로 사용할 경우에 비상소화펌프의 요구용량에 대한 명확한 규정이 없었다. 따라서 잠정합의안에서는 비상소화펌프가 내부급기형 고펡창포말소화장치용 해수펌프로 사용될 경우에는 SOLAS에서 요구되는 2줄기 사수를 위한 용량과 내부급기형 고펡창포말소화장

치용 해수펌프로 사용될 경우의 용량의 합계용량을 요구하는 것으로 결정하였다.

3.6 기타

위에서 설명한 요건들 이외에도 많은 사항이 논의되었으나, 모두 일반적인 사항들이어서 여기서 소개하지 않는다. 자세한 사항에 대해서는 참고문헌 3 및 참고문헌 4를 참고하기 바란다.

4. 내부급기형 고펡창포말소화장치 개발 동향

내부급기형 고펡창포말소화장치를 개발하는 관점에서 가장 중요한 것은 팽창비와 포말발생기 노즐에서의 압력이다. 여기서는 내부급기형 고펡창포말소화장치를 개발하는 과정에서 팽창비와 포말발생기 노즐에서의 압력이 중요한 이유를 설명하고 실제 설계값은 어떠한지를 소개한다.

4.1 팽창비

내부급기형 고펡창포말소화장치의 팽창비가 크게되면, 동일한 기관실에 대해 더작은 수량의 포말발생기를 설치하여도 되며, 이는 관련 배관장치의 감소로도 이어져 선박의 건조비용 절감에 영향을 미치게된다. 따라서 내부급기형 고펡창포말소화장치 제조자들은 동일한 크기를 가지는 포말발생기에서 더 높은 팽창비를 구현하기 위해 노력하고 있다. 여기서 주의해야 할 사항은 팽창비가 높다고 하더라도 포말발생기의 부피가 커지게 되면, 팽창비가 높아짐으로서 얻게 되는 이익이 반감된다는 점이다. 포말발생기의 부피가 커지게 되면, 생산, 이송, 보관 등에 관련된 비용이 증가되기 때문이다. 또한 최근에는 선박에서 기관실의 용적을 가능한 줄이고 화물구역을 늘려 경제성을 높이는 방향으로 건조경향이 이뤄지고 있어 부피가 큰 포말발생기를 사용할 경우, 기관실 용적을 효율적으로 사용하는데 장애요소가 될 수 있으며, 포말발생기를 설치하기 위해 사용되는 지지부재(Support) 관련 비용이 증가하기 때문에 포말발생기의 팽창비를 높더라도 포말발생기의 부피는 일정한 수준 이하로 유지하여야 한다.

현재까지 개발되어 사용되는 내부급기형 고펡창포말소화장치의 팽창비는 600~700 정도이며, 국내에서 주로 사용되고 있는 일본 K사의 제품은 620배이다.

4.2 포말발생기 노즐의 분사 압력

포말발생기 노즐에서의 분사압력은 해수펌프인 비상소화펌프의 용량에 영향을 미치게 된다. 비상소화펌프가 내부급기형 고펡창포말소화장치의 해수펌프로 사용될 경우에는 SOLAS에서 요구하는 2줄기 사수를 위한 용량과 내부급기형 고펡창포말소화장치를 위한 용량의 합계용량을 만족할 수 있는 펌프를 사용하여야 한다. SOLAS에서 요구하는 2줄기 사수를 만족하기 위해서는 비상소화펌프에서의 토출수두가 최소 50~60m 이상이어야 한다. 또한 일반적으로 비상소화펌프는 조타기실(Sttering Gear Room)에 설치되기 때문에 내부급기형 고펡창포말소화장치의 포말발생기와 거의 동등하거나 최대 5m정도의 수두차이를 보이기 때문에 배관에서의 마찰손실을 고려해 볼 때, 포말발생기 노즐에서의 승인 분사압력은 최대 4bar 이하이어야 한다.

만약 포말발생기 노즐에서의 승인 분사압력이 4bar를 초과하는 경우에는 비상소화펌프의 요구 유량은 일정한 반면에 토출수두가 증가해야 하는 문제가 발생한다. 비상소화펌프는 일반적으로 원심펌프를 사용하게 되는데, 원심펌프의 특성상 동일한 유량에 높은 토출수두를 얻기 위해서는 상당한 비용부담을 발생시키게 된다.

따라서 내부급기형 고펡창포말소화장치의 포말발생장치 노즐에서의 승인 분사압력은 가능한 낮도록 설계하는 것이 여러 가지 측면에서 유리하며, 최대 4bar 이하이어야 한다. 현재 사용되고 있는 외국 기업의 내부급기형 고펡창포말소화장치의 포말발생기 노즐 승인 분사압력은 일반적으로 4~6bar 정도이다.

5. 결론

환경문제의 대두로 인해 기존에 사용되던 가스소화장치의 사용이 금지되거나 규제가 예상되는 상황에서 세계 1위의 조선국가인 우리나라에서는 새로운 고정식소화설비의 국산화가 시급하다고 할 수 있다.

하지만, 가장 널리 사용되는 대체소화장치인 내부급기형 고펡창포말소화장치와 미분무수소화장치에 대한 우리나라 제조자의 기술력은 유럽 및 일본의 제조자들에 비해 떨어지는 것이 현실이다. 미분무수소화장치를 이용한 고정식국부소화장치에 대해서는 국내에도 3개의 제조자가 국산화에 성공하여 수입대체를 하고 있지만, 내부급기형 고펡창포말소화장치와 미분무수소화장치를 이용한 기관실 전역방출시스템은 아직 국산화가 이뤄지지 않아 많은 외화가 유출되고 있는 실정이다.

향후 국내 조선산업과 조선기자재 산업의 경쟁력 확보를 위해 내부급기형 고펡창포말소화장치와 미분무수소화장치를 이용한 기관실 전역방출시스템의 개발이 시급하며, 이러한 소화설비들은 막대한 개발비가 소요된다는 점을 고려하여 제조자간의 협력, 조선소와 제조자간의 긴밀한 협력이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] Det Norske Veritas(DnV), "Engine room fires can be avoided", 2003
- [2] (사)한국선급, "선박용 고정식소화설비(Onboard Fixed Fire Extinguishing System), Technical Information 2004005/IMO, 2004
- [3] Japanese Delegation, Draft Guidelines for the approval of fixed high-expansion foam fire-extinguishing systems providing foam generators inside the protected space, IMO FP Sub-Committee, FP49/4/2, 2005
- [4] 해양수산부, (사)한국선급, Comments on document FP 49/4/2, IMO FP Sub-Committee, FP49/4/4, 2005